

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Domagoj Božić**

Zagreb, 2013.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **IZVLAČILIŠTE BRODOVA U REMONTNOM BRODOGRADILIŠTU**

Mentori:

Doc. dr. sc. Boris Ljubenković, dipl. ing.

Student:

Domagoj Božić

Zagreb, 2013.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i služeći se navedenom literaturom kao i savjetima doc. Borisa Ljubenkova, kojem se ovom prilikom zahvaljujem.

Domagoj Božić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarški i inženjersko modeliranje i računalne  
simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student:

Mat. br.:

Naslov:

Opis zadatka:

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Mladen Andrassy

Referada za diplomske i završne ispite

Obrazac DS - 3A/PDS - 3A

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS OZNAKA .....	III
SAŽETAK .....	IV
1. UVOD .....	1
2. PORINUĆE .....	2
2.1. Uzdužno porinuće broda .....	3
3. IZVLAČENJE BRODOVA, SLIPNI UREĐAJ I OPREMA ZA IZVLAČENJE .....	8
3.1. Izvlačenje broda .....	8
3.2. Porinuće broda .....	9
3.3. Kolica za izvlačenje i porinjavanje broda .....	9
3.3.1. Centralni uzdužni nosač kolica .....	10
3.3.2. Bočni toranj .....	11
3.3.3. Poprečni nosači .....	11
3.3.4. Klizač bočnog tornja .....	12
3.3.5. Sigurnosna oprema .....	13
3.3.6. Upravljačka platforma .....	13
3.3.7. Hidraulički uređaj .....	14
3.4. Uređaj za vuču .....	14
3.5. Trenutno stanje navoza .....	16
4. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA .....	17
4.1. Prijedlog 1 .....	17
4.2. Prijedlog 2 .....	20
5. ZAKLJUČAK .....	23
PRILOZI .....	24
LITERATURA .....	25

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Uzdužni slip s plošnim kolicima .....	2
Slika 2.	Uzdužni slip s klinastim kolicima .....	2
Slika 3.	Uzdužni navoz sa saonikom i saonicama .....	3
Slika 4.	Poprečni slip s plošnim kolicima i s klinastim kolicima .....	3
Slika 5.	Faze pri porinuću broda .....	4
Slika 6.	Ograničenje otplova .....	7
Slika 7.	Brod na potkladama na kolicima .....	10
Slika 8.	Potklada na centralnom uzdužnom nosaču .....	10
Slika 9.	Treća faza porinuća .....	11
Slika 10.	Opterećenje poprečnog nosača .....	11
Slika 11.	Čelični klizač .....	12
Slika 12.	Plastični klizač .....	13
Slika 13.	Uređaj za vuču .....	14
Slika 14.	Tlocrt brodogradilišta .....	16
Slika 15.	Prikaz broda na navozu iz projektnog zadatka iz 1985. godine .....	18
Slika 16.	Obnovljeni uzdužni slip s plošnim kolicima .....	19
Slika 17.	Prikaz hale na tlocrtu brodogradilišta .....	20
Slika 18.	Idejno rješenje .....	21
Slika 19.	Uzdužno vertikalno dizalo i parterni uzdužni transport .....	21
Slika 20.	Duplo uzdužno vertikalno dizalo .....	22

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
G	[ N ]	težina porinjavanja broda
N	[ N ]	komponenta težine okomito na navoz
H	[ N ]	komponenta težine paralelno s navozom
$\varphi$	[ ° ]	kut nagiba navoza
$W_R$	[ N ]	otpor trenja klizanja
$\mu$		koeficijent otpora trenja (ovisi o specifičnom površinskom opterećenju saonika, načinu podmazivanja, brzini porinuća i temperaturi)
M	[ kg ]	masa porinjavanog broda
A	[ m/s <sup>2</sup> ]	akceleracija porinjavanja
U	[ N ]	Uzgon
$W_V$	[ N ]	otpor vode
$N_S$	[ N ]	komponenta težine okomito na navoz nakon početka djelovanja uzgona
Q	[ N ]	vučna sila
$F_W$	[ N ]	otpor trenja kotrljanja
$F_N$	[ N ]	normalna sila
$G_K$	[ N ]	težina kolica
$G_{KT}$	[ N ]	težina kotača
$G_B$	[ N ]	težina broda koji se izvlači
S	[ N ]	sila u užetu
$u_k$		broj nosivih užeta
$\eta_u$		stupanj djelovanja koloturnika

## **SAŽETAK**

Cilj zadatka je dati prijedlog poboljšanja izvlačilišta u remontnom brodogradilištu. U uvodu se govori o remontu kao djelatnosti koju brodovi moraju obaviti da bi bili u funkciji. U drugom poglavlju se govori o samom procesu porinuća brodova te o mogućim načinima odnosno vrstama porinuća, dok se u trećem poglavlju govori o izvlačenju brodova slipnim uređajem i opremi koja je potrebna pri takvom načinu izvlačenja. Obzirom na stanje u kojem se trenutno izvlačilište nalazi, kroz četvrto poglavlje su dani prijedlozi rješenja obnove izvlačilišta u brodogradilištu.



## 1. UVOD

Brodogradilište je industrijsko poduzeće za gradnju i/ili remont (popravak brodova).

Raspolaže teritorijem i akvatorijem, proizvodnim radionicama, otkrivenim i natkrivenim radnim površinama, skladištima i slagalištima, hidrotehničkim objektima, pomoćnim radionicama i službama, objektima i instalacijama za proizvodnju i distribuciju energenata, tehnološkom i transportnom opremom, stručnom i pomoćnom radnom snagom.

Po proizvodnoj orijentaciji brodogradilišta se dijele na brodogradilišta za gradnju novih brodova i remont. Osim ovi osnovnih djelatnosti brodogradilišta izrađuju glavne strojeve, opremu i uređaje, a nerijetko imaju i svoju plovidbu.

Remontna brodogradilišta drukčije su opremljena od brodogradilišta za novogradnje. Brod koji dolazi u remontno brodogradilište teži je i ima veći gaz nego što ima novogradnja. Dizalice nisu projektirane za dizanje teških tereta, ali trebaju zadovoljiti veću visinu dizanja. Radionice su drukčije opremljene, a radnici su fleksibilniji i imaju radne vještine prilagodljive različitim vrstama poslova i zanata. Lokacija remontnog brodogradilišta drukčija je od onog za novogradnje. Nalaze se u blizini velikih morskih luka, ili na plovodbenom putu između njih, kako bi se umanjilo skretanje broda od normalne plovidbene rute.

Izvlačenje broda se vrši zbog poslova koji se nemogu obaviti u plutajućem stanju broda i to iz više razloga: zbog pregleda, redovnog periodičnog održavanja, remonta i popravaka ili preinake.

Održavanje broda dijeli se na održavanje trupa broda i održavanje opreme broda. Održavanje trupa broda izvodi se dokovanjem broda. Održavanje opreme broda dijelom se izvodi od strane posade tijekom navigacije ili boravka u luci, a dijelom se izvodi tijekom dokovanja broda.

U sklopu postojećeg brodogradilišta potrebno je izraditi novo izvlačilište za remont brodova. Trenutno izvlačilište nije u funkciji, stoga je cilj ovog zadatka dati prijedlog rješenja obnove izvlačilišta.

## 2. PORINUĆE

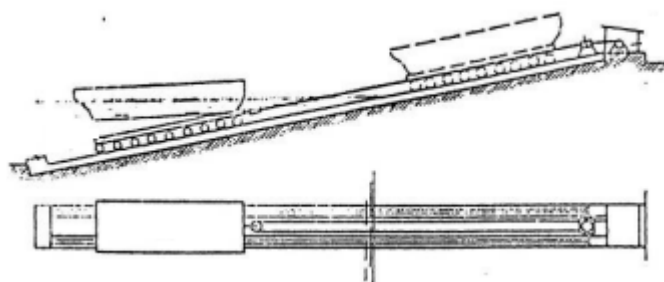
Nakon završene gradnje trupa, potrebno je, sa suhog prostora (građevnog mjesta), brod porinuti u more. Radi lakšeg porinjavanja brodove gradimo na kosinama koje nazivamo navozima. Međutim, sve je češći slučaj da se brodovi grade na horizontalnim površinama kao što su na primjer suhi dok, plovni dok, spuštanje platforme (syncrolift).

Porinjavanje broda s kosina može bit izvedeno na dva načina. Uzdužno, koje se konkretno tiče za ovaj navoz, te poprečno.

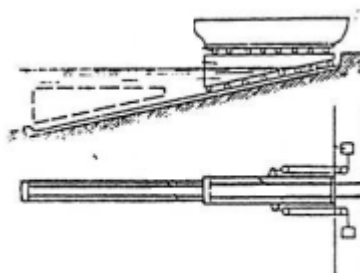
Prvi slipovi pojavili su se u 19 stoljeću, najprije samo za izvlačenje brodova na kolicima, a 30-tih godina prošlog stoljeća počeli su se koristiti prvi mehanizirani uzdužni i poprečni slipovi (kolica) za izvlačenje i porinuće brodova na/sa horizontalnog građevnog mjesta.

Zajednička karakteristika vlaka i slipova je tehnološki odgovarajuće opremljena nagnuta (kosa) površina s nagibom po kojoj se na saonicama ili kolicima izvlači ili porinjava (predaje vodi) brod.

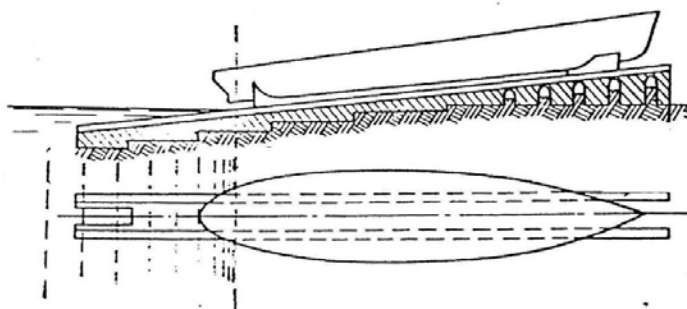
Uzdužne vlake i slipove karakteriziraju dva tipa kolica: u vidu ravne platforme s kotačima [Slika 1] ili kolica rešetkaste konstrukcije u vidu klina (tzv. kosnik-kolica) [Slika 2].



**Slika 1. Uzdužni slip s plošnim kolicima**

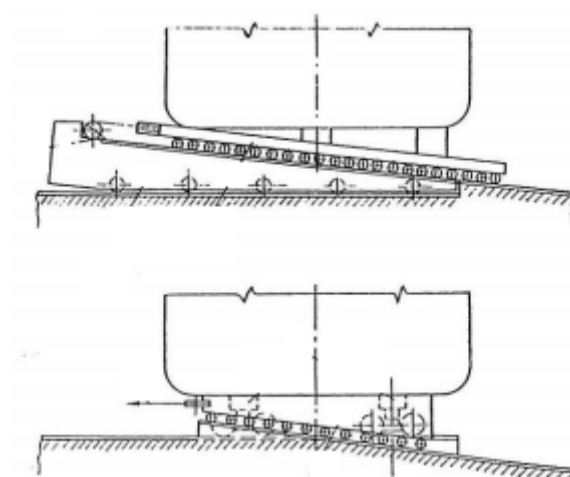


**Slika 2. Uzdužni slip s klinastim kolicima**



**Slika 3. Uzdužni navoz sa saonikom i saonicama**

Poprečni slip je tehnološki povoljniji od uzdužnog, ima kraći podvodni dio (jeftiniji), ali zauzima mnogo veći dio obalne linije [Slika 4].



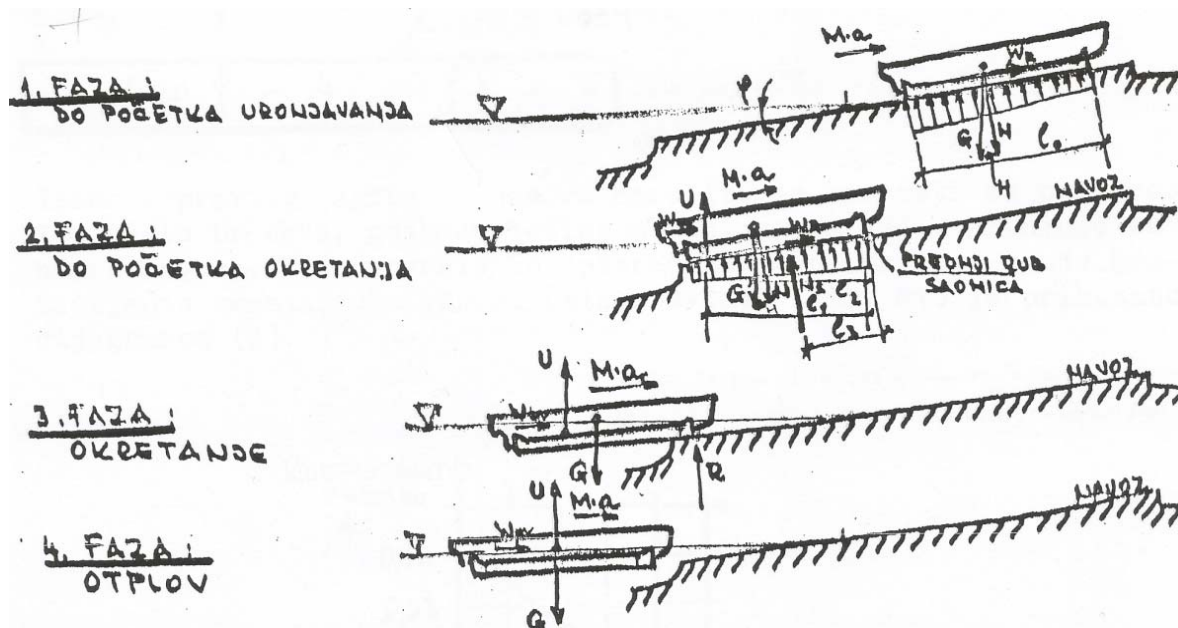
**Slika 4. Poprečni slip s plošnim kolicima i s klinastim kolicima**

## **2.1. Uzdužno porinuće broda**

Porinjavanje broda s uzdužnih navoza još uvijek je najčešći način porinjavanja. Maksimalne težine broda najčešće ne prelaze 20 000 - 25 000 tona, iako postoje i ekstremni slučajevi gdje težina trupa pri porinuću iznosi 37 000 tona. Porinjavanje ovako velikih brodova je izuzetak.

Porinuće s uzdužnog navoza se dijeli nekoliko faza [Slika 5]:

- 1. faza – do početka uronjavanja
- 2. faza – do početka okretanja
- 3. faza – okretanje
- 4. faza – otplov



Slika 5. Faze pri porinuću broda

Proračun svih faza porinuća broda prikazuje se dijagramom porinuća. Kao provjera točnosti proračuna vrlo su korisna mjerenja pri samom porinuću, te radi poboljšanja prognoziranja ponašanja broda kod porinuća, vrše se pokusi porinjavanja na modelima.

Prva faza porinuća traje od početka kretanja do početka uronjavanja trupa. Jednadžba gibanja trupa u toj fazi glasi (5):

$$M \cdot a = H - W_R \quad (1)$$

, pri čemu je:

$$H = G \cdot \sin \varphi \quad (2)$$

$$N = G \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

$$W_R = \mu \cdot N = \mu \cdot G \cdot \cos \varphi \quad (4)$$

(2) i (3)  $\rightarrow$  (1)

$$\frac{G}{g} \cdot a = G \cdot \sin \varphi - \mu \cdot G \cdot \cos \varphi$$

$$a - g (\sin \varphi - \mu \cdot \cos \varphi) = 0 \quad (5)$$

Iz jednadžbe 5 je bitan odnos između  $\varphi$  i  $\mu$ .

Ako je  $\tan \varphi \geq \mu$  tada će doći do pokretanja sistema.

Ako je  $\tan \varphi \leq \mu$  tada neće doći do pokretanja sistema.

Izbor ispravnog nagiba navoza od naročite je važnosti za porinuće. Kod većih brodova, gdje su veće težine porinjavanja, smanjuje se nagib navoza. Ukoliko je nagib navoza veći nego što treba, slijede veća ubrzanja, odnosno veće brzine pri porinuću, veća duljina otplova, veći gaz krmenog dijela broda pri okretanju, te veće sile koje moraju preuzimati stoperi. Premali nagib navoza zahtijeva na početku porinuća primjenu veće početne sile.

Druga faza porinuća traje od početka uronjavanja do početka okretanja. Uzgonom se kompenzira dio težine porinjanog broda. Iz odnosa momenata sila obzirom na prednju rub saonice slijedi (6) :

$$U \cdot l_1 - G \cdot l_2 + N_s \cdot l_3 = 0 \quad (6)$$

, a iz ravnoteže sila u vertikalnom smjeru (7) :

$$U + N_s \cdot \cos \varphi - G = 0 \quad (7)$$

, gdje se vertikalne komponente sile otpora trenja  $W_R$  i otpora vode  $W_V$  zanemaruju zbog malog nagiba navoza. Jednadžba gibanja broda u drugoj fazi porinuća glasi (8) :

$$M \cdot a = H - U \cdot \sin \varphi - W_R - W_V \quad (8)$$

, a nakon uvrštavanja vrijednosti za H i G ( 2 ) → ( 8 ) :

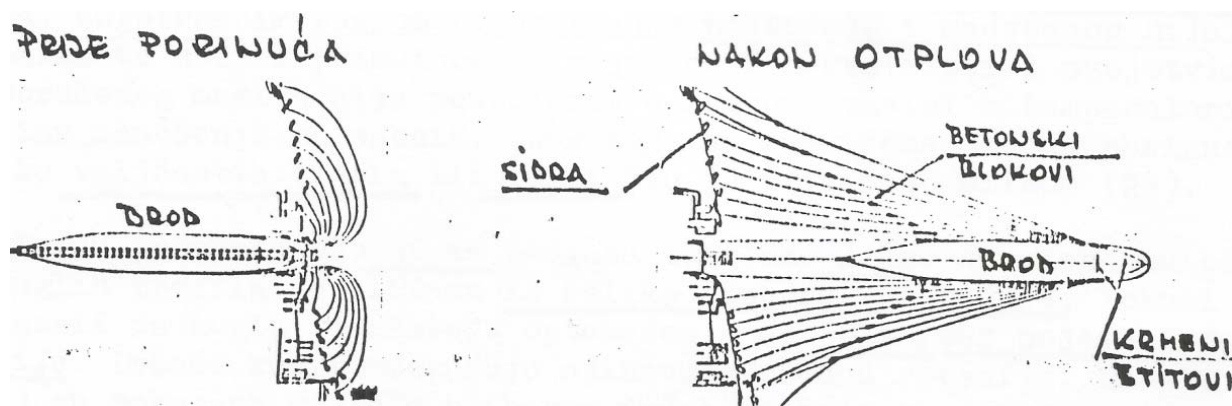
$$M \cdot a - \sin \varphi (M \cdot g - U) + W_R + W_V = 0 \quad (9)$$

Treća faza porinuća traje od početka okretanja do potpunog otplova. U ovoj fazi uzgon ne može dostići težinu, zato i postoji sila R (reakcija na pramčani dio). Izjednačavaju se momenti uzgona i težine na čelo saonica. Trup broda izvodi translatorno gibanje niz navoz, ali usporedno s tim i rotaciono gibanje oko prednjeg ruba saonica.

Četvrta faza porinuća broda traje od potpunog otplova do zaustavljanja broda. Ukoliko ne postoji dovoljno mjesta za otplov broda, primjenjuju se uređaji koji pospješuju njegovo zaustavljanje.

Slobodan otplov broda u 4. fazi porinuća ponekad može biti neostvariv zbog lokalnih priobalnih prilika, pa se postavljaju uređaji koji poništavaju kinetičku energiju broda i na taj način smanjuju duljinu otplova. Ograničenje otplova se najčešće vrši u 4. fazi porinuća [Slika 6] na sljedeći način :

- Kočenjem težina – broda za vrijeme otplova vuče po morskom dnu betonske blokove
- Kočenjem štitova – čelične pregrade postavljene u krmenom području broda koje povećavaju otpor kretanju broda kroz more; njihov je nedostatak da djeluju i prije 4. faze porinuća
- Kočenjem sidrima – postavljaju se prije porinuća i vežu pomoću užadi za brod ili se bacaju s broda nakon što je brod dosegao određenu daljinu otplova



Slika 6. Ograničenje otplova

### 3. IZVLAČENJE BRODOVA, SLIPNI UREĐAJ I OPREMA ZA IZVLAČENJE

U poglavlju su navedene faze rada kod izvlačenja i porinuća broda uzdužnim slipnim uređajem, navedena je glavna oprema za izvlačenje koja se sastoji od kolica i uređaja za vuču. Na kraju se nalazi opis trenutnog stanja izvlačilišta.

#### 3.1. Izvlačenje broda

Izvlačenje broda uzdužnim slipnim uređajem vrši se na sljedeći način:

- Tornjevi su smješteni tako da tvore otvor između sebe koji je jednak širini broda uvećanoj za 1m.
- Tornjevi su učvršćeni u svom položaju klinovima za zabravljivanje.
- Rukovoditelj uključuje vitlo i zateže užad, omogućujući klinovima za zabravljivanje kolica da se pomaknu.
- Rukovoditelj se penje na platformu koja se nalazi na samim kolicima, a zatim se kolica pokrenu u vodu. Daljina gibanja u vodu ovisi o plimi i gazu broda.
- Brod uplovljava preko kolica do određene točke.
- Brod se namješta na centralnu liniju kobiličnih potklada pomoću bočnih pomičnih jastuka, koje pokreće rukovoditelj kolica uključivši hidraulički uređaj.
- Rukovoditelj osigurava dovoljnu silu za bočno podupiranje broda, a zatim se uključuje vitlo za povlačenje kolica. Poslije određene udaljenosti pramac broda će se nasloniti na prednje kobilične potklade. Postepeno će se kobilica broda paralelno približiti vrhovima kobiličnih potklada i na određenoj točki cijeli brod će se naslanjati na kolica.
- Povlačenje kolica nastavlja se dok se ne postigne konačni položaj broda na obali.
- Klinovi za zabravljivanje kolica ponovno se namještaju, a užad vitla se otpušta.
- Bočni pomični jastuci se učvršćuju mehaničkim spravama za zabravljivanje.



### 3.2. Porinuće broda

Porinuće broda uzdužnim slipnim uređajem vrši se na sljedeći način:

- Pokreće se vitlo i užad se zateže.
- Otklanjaju se klinovi za zabravljivanje kolica.
- Isključuje se mehaničke sprave za zabravljivanje na bočnim jastucima.
- Rukovoditelj kolica penje se na upravljačku platformu.
- Kolica se polako spuštaju u vodu otpoštanjem užadipomoću vitla. Zatim rukovoditelj smanji dodirnu silu između jastuka i trupa broda na minimum. Brod će postepeno otplutati sa kobiličnih potklada.
- Kada se pramac broda oslobodi (podigne) sa kobiličnih potklada, rukovodioc kolica otvara bočne pomične jastuke i omogućuje brodu da otpluta.

### 3.3. Kolica za izvlačenje i porinjavanje broda

Kolica su namjenjena za izvlačenje i porinjavanje brodova za popravak. Sastoje se od centralnog uzdužnog nosača i dvije poprečne grede. Na krajevima poprečnih greda smješteni su tornjevi koji su namjenjeni za bočno podupiranje trupa broda. Udaljenost među tornjevima može se regulirati pomicanjem tornjeva po poprečnim gredama, ovisno o širini broda koji se izvlači.

Zabravljivanje tornjeva u određenom položaju postiže se klinovima. Tornjevi su opremljeni pomičnim jastucima koji pritišću bokove broda. Pomicanje tih jastuka postiže se hidrauličkim uređajem smještenim na tornju.

Hidraulička pogonska jedinica, koja se sastoji od hidrauličke pumpe, instrumenata za mjerenje pritiska, smještena je na upravljačkoj platformi koja se nalazi na prednjem djelu kolica. Hidraulički vodovi pričvršćeni su sa bočne strane centralnog uzdužnog nosača.

Na centralnom uzdužnom nosaču smješten je dovoljan broj kobiličnih potklada. Ispod svake potklade nalazi se par kotača. Po jedan par kotača nalazi se i na svakoj strani ispod poprečnih nosača koji se kotrljaju po tračnicama.

Za izvlačenje kolica koristise vitlo smješteno na vrhu navoza.

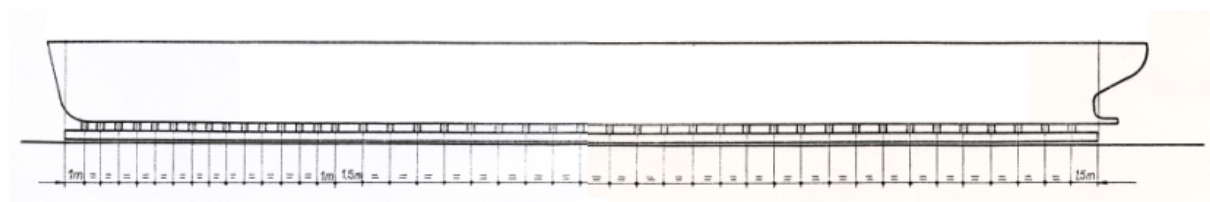
### 3.3.1. Centralni uzdužni nosač kolica

Brod koji se izvlači ili porinjava na kolicima leži na kobiličnim potkladama koje se nalaze na centralnom uzdužnom nosaču. Ispod svake potklade nalaze se kotači kolica koji predstavljaju čvrste oslonce.

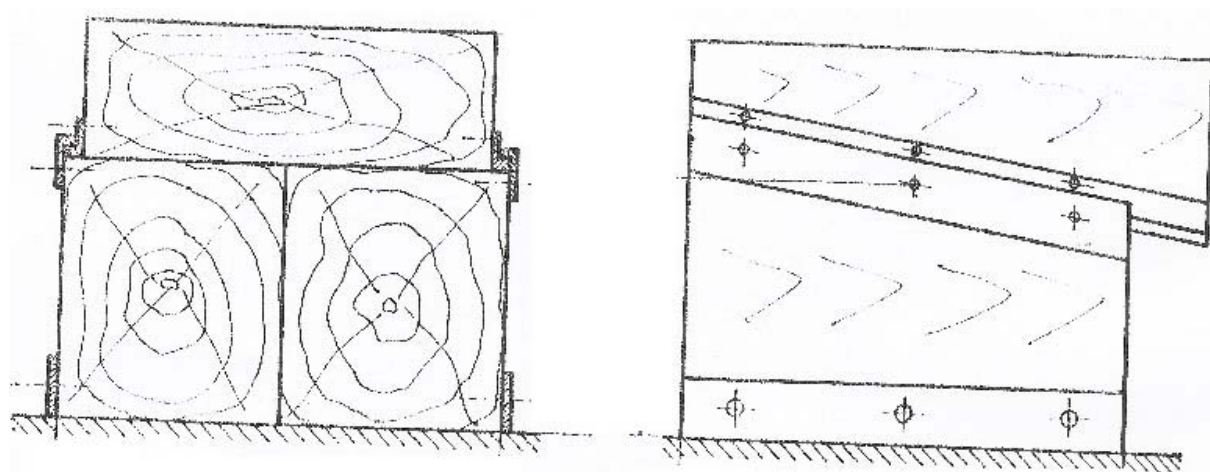
Dakle, ukupna težina broda raspodijelit će se na kobilične potklade koje će opterećenje preko centralnog nosača prenijeti na kotače, a oni na podlogu. Zato će na tom nosaču biti potreban veliki broj potklada na relativno malom međusobnom razmaku.

Težina broda nije ravnomjerno raspodijeljena po duljini broda pa će i potklade biti različito opterećene.

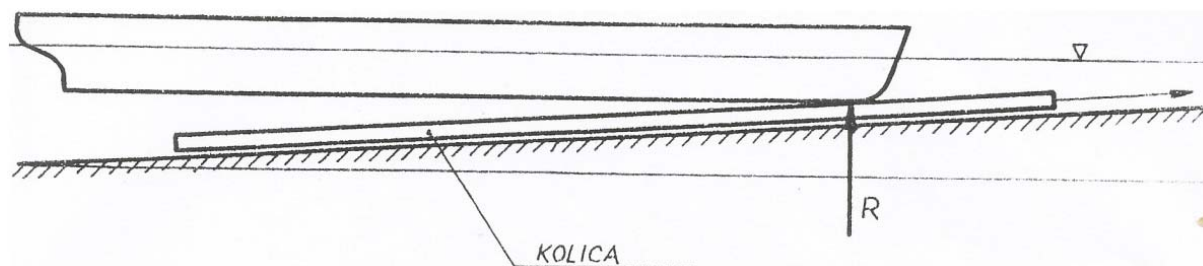
Potklade [Slika 8] su u prednjem dijelu kolica nešto gušće zbog povećanog opterećenja prilikom zadnje faze porinuća i u početnoj fazi prilikom izvlačenja broda, kao i zbog lakšeg naliježanja pramca prilikom izvlačenja [Slika 7]. Naime, u trećoj fazi porinuća brod se samo pramcem oslanja na kolica i cijeli pritisak se koncentrira na jednom mjestu [Slika 9]. To se isto događa i u početnoj fazi izvlačenja.



Slika 7. Brod na potkladama na kolicima



Slika 8. Potklada na centralnom uzdužnom nosaču



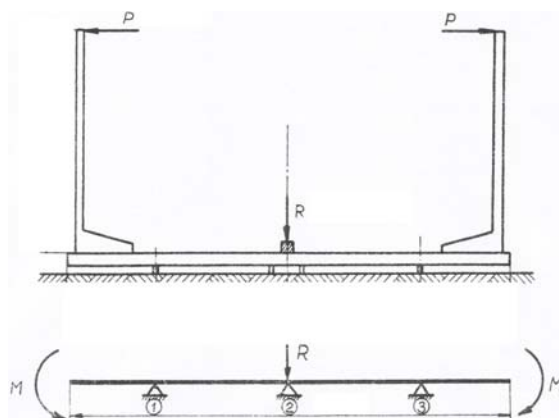
Slika 9. Treća faza porinuća

### 3.3.2. Bočni toranj

Bočni tornjevi namjenjeni su za fiksiranje broda na kobilične potklade prije početka izvlačenja broda, kao i za pridržavanje broda na kolicima kako nebi došlo do njegova naginjanja.

### 3.3.3. Poprečni nosači

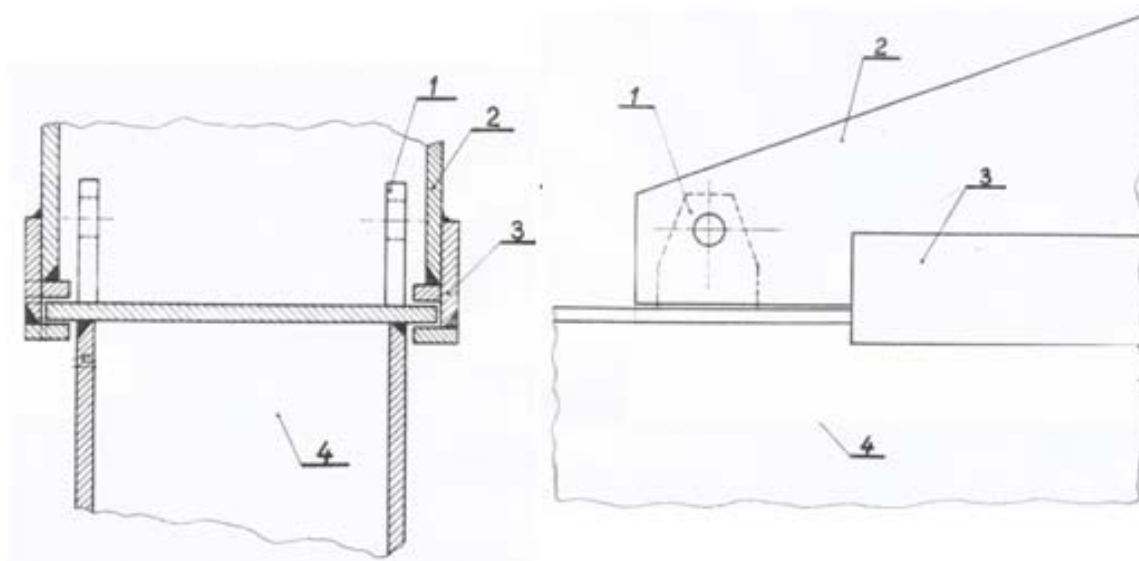
Na kolicima se nalaze poprečni nosači. Dva srednja poprečna nosača na sebi nose bočne tornjeve i zbog tog su izloženi djelovanju momenata savijanja [Slika 10]. Ostali poprečni nosači izloženi su samo opterećenju od vlastite težine.



Slika 10. Opterećenje poprečnog nosača

### 3.3.4. Klizač bočnog tornja

Međusobni razmak među bočnim tornjevima može se regulirati ovisno o širini broda koji se izvlači. Pomicanje bočnih tornjeva izvodi se klizanjem čeličnog klizača po poprečnom nosaču [Slika 11]. Kliznu površinu potrebno je podmazivati odgovarajućom mašću.

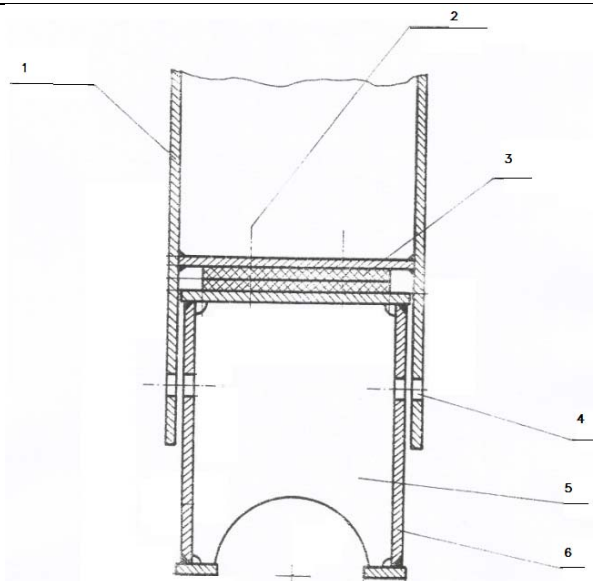


Slika 11. Čelični klizač

Na slici 11. osim čeličnog klizača prikazani su:

1. uška za zabravljivanje tornja
2. bočni toranj
3. klizač
4. poprečna greda

Klizanje bočnih tornjeva moguće je izvesti i skupljom varijantom primjenom klizne površine od plastike [Slika 12]. Upotrebom plastične mase smanjili bi se troškovi održavanja, ne bi bilo opasnosti od korozije, a podmazivanje nebi bilo potrebno.



**Slika 12. Plastični klizač**

Na slici 12. osim plastičnog klizača prikazani su:

1. bočni toranj
2. vijak s upuštenom glavom
3. plastika (SIPAS LG)
4. otvor za klin
5. koljeno
6. poprečna greda

### **3.3.5. Sigurnosna oprema**

Pod sigurnosnu opremu se misli na klin za zabavljanje i ušku. Bočni tornjevi se fiksiraju u određenom položaju pomoću čeličnih klinova koji prolaze kroz ušku zavarenu za poprečni nosač.

### **3.3.6. Upravljačka platforma**

Upravljačka platforma smještena je na prednjem dijelu kolica. Na njoj su smješteni hidraulička pumpa te instrumenti za mjerenje pritiska u hidrauličkom sistemu. Rukovoditelj kolica na upravljačkoj platformi upravlja kolicima.

### 3.3.7. Hidraulički uređaj

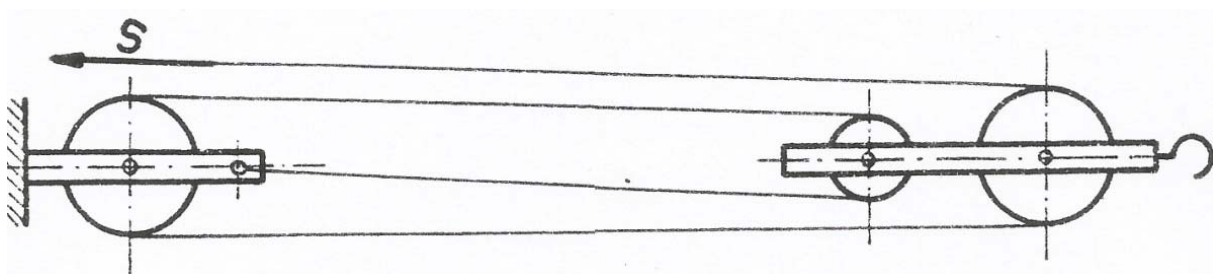
Na vrhu bočnih tornjeva smješten je hidraulični cilindar koji ima zadatak da pomiče bočne jastuke. Pokretanje hidrauličnog cilindra vrši se pomoću hidraulične pumpe (smještene na upravljačkoj platformi) te hidrauličnih vodova.

### 3.4. Uređaj za vuču

Uređaj za vuču kolica sastoji se od:

- Koloturnika
- Čeličnog užeta
- Bubnja za namatanje užeta (vitla)
- Reduktora
- Elektromotora

Vitlo je smješteno na vrhu navoza u vitlarnici.



Slika 13. Uređaj za vuču

Vučna sila koju treba ostvariti iznosi:

$$Q \geq F_w$$

Opor trenja kotrljanja jednak je:

$$F_w = \frac{F_N}{f \cdot R}$$

Pri čemu je  $F_N$  normalna sila,  $f$  je krak momenta kotrljanja, a  $R$  je polumjer kotača.

$$F_N = (G_K + G_{KT} + G_B) \cdot \cos \varphi$$

$$M = F_N \cdot f, \text{ pri čemu je } f \text{ otpor kotrljanja za čelik po čeliku} = 0,5\text{mm}$$

$$R = 250\text{mm}$$

$$\varphi = 5^\circ - \text{nagib navoza}$$

Ako su

$$G_K = 700\text{kN} \quad - \text{ težina kolica}$$

$$G_{KT} = 200\text{kN} \quad - \text{ težina kotača}$$

$$G_B = 10000\text{kN} \quad - \text{ težina broda koji se izvlači}$$

, sljedeće veličine sila su:

$$F_N = (G_K + G_{KT} + G_B) \cdot \cos \varphi = 10859\text{kN}$$

$$F_W = \frac{10859 \cdot 0,5}{250} = 21,72\text{kN}$$

Prema tome, vučna sila iznosi:

$$Q \cong 25\text{kN}$$

Sila u užetu, na osnovu koje će se proračunati snaga elektromotora vitla:

$$S = \frac{Q}{u_k \cdot \eta_u}$$

$$u_k = 4 \quad - \text{ broj nosivih užeta}$$

$$\eta_u = \frac{1}{u} \cdot \frac{1 - \eta_k^u}{1 - \eta_k} \quad - \text{ stupanj djelovanja koloturnika}$$

Pri čemu je  $\eta_k = 0,96$  stupanj djelovanja jednog užetnika za klizne ležajeve.

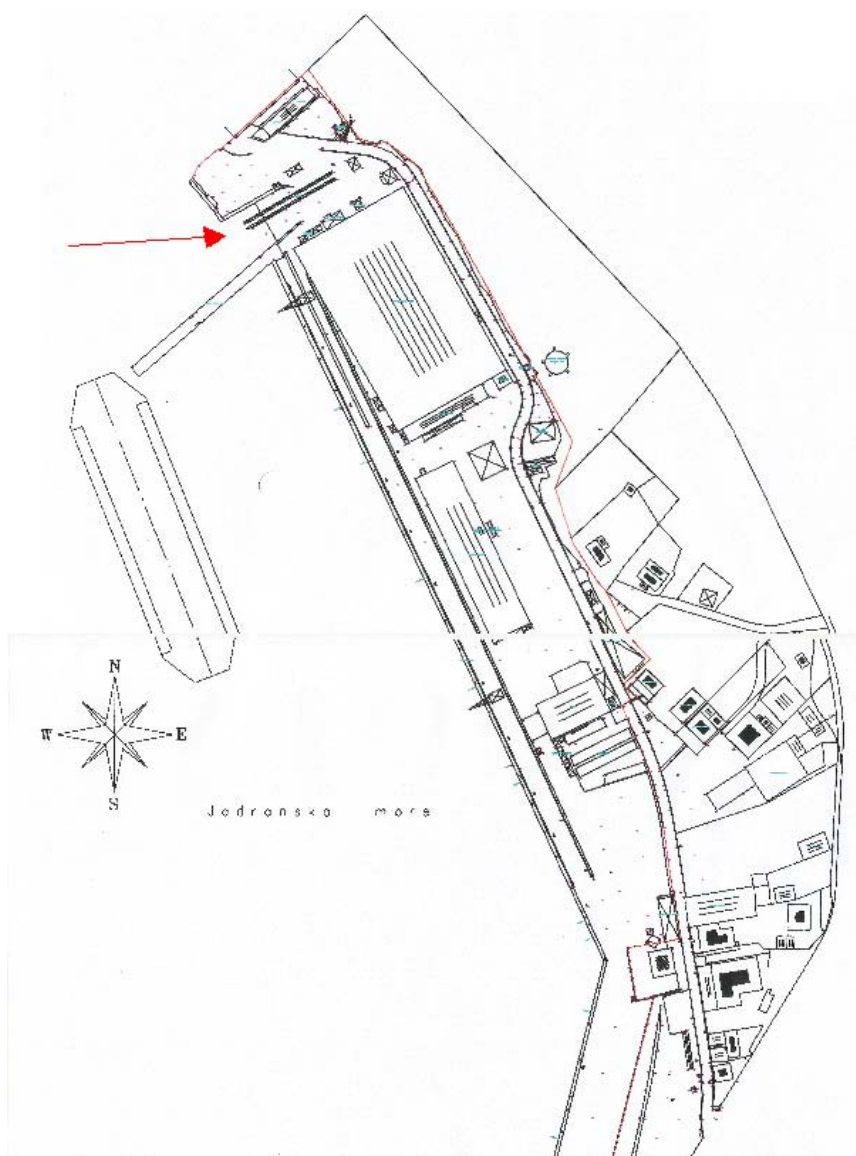
$$\eta_u = \frac{1}{4} \cdot \frac{1 - 0,96^4}{1 - 0,96} = 0,942$$

$$S = \frac{25000}{4 \cdot 0,942} = 6638\text{N}$$

### 3.5. Trenutno stanje navoza

Uzdužni navoz koji se nalazi na mjestu kako je prikazano na slici 14. nije u funkciji. Postoje dvije šine u dužini od 44 m nad morem i 52 m pod morem. Od prethodno navedene opreme koja je potrebna za izvlačenje i porinuće broda slipom, ništa nije u funkciji, a samih kolica ni nema. Na vrhu navoza smještena je nadstrešnica ispod koje se nalazi neaktivni uređaj za vuču.

Dakle, da bi navoz ponovno imao svoju funkciju, potrebno ga je u potpunosti obnoviti. Prijedlog rješenja obnove navoza nalazi se u sljedećem poglavlju.



Slika 14. Tlocrt brodogradilišta



## 4. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA

Objekti koji se koriste za podizanje ili izvlačenje, spuštanje (predaju broda vodi), te transvers manjih brodova na/sa horizontalnog građevnog mjesta nazivaju se hidrotehnički objekti. Imaju široku primjenu u brodogradnji, a posebno u remontu. Relativno su jeftini pri nabavi, uporabi i održavanju. Redovito poslužuju veći broj građevnih (remontnih) mjesta. Neki od njih su i mobilni pa se mogu dislocirati (plovni dok).

Klasifikacija hidrotehničkih objekata po namjeni:

- za podizanje (ili izvlačenje) radi popravka (plovni dokovi, vlake, jednorazinski slipovi)
- za podizanje (izvlačenje) i transvers brodova na/sa horizontalno građevno mjesto (uzdužni i poprečni višerazinski slipovi, plovni dokovi, vertikalna dizala, duo-portalna kolica)
- samo za predaju broda vodi (zakretni saonici, specijalni pontoni)

Cilj ovog zadatka je dati prijedlog rješenja obnove izvlačilišta. S obzirom da trenutno u brodogradilištu navoz nije u funkciji, jedan prijedlog bi bio da se ponovno osposobi već postojeći uzdužni navoz jer se porinjavanje brodova s navoza vrši zbog toga što je adaptacija starih navoza mnogo jednostavnija, a i troškovi su znatno niži od gradnje novog doka, a može se i ostvariti u mnogo kraćem roku. Drugi prijedlog bio bi baziran na drugoj točki iz klasifikacije hidrotehničkih objekata po namjeni. Radilo bi se o većem i opširnijem projektu koji bi brodogradilištu omogućio remont više manjih brodova odjednom.

### 4.1. Prijedlog 1

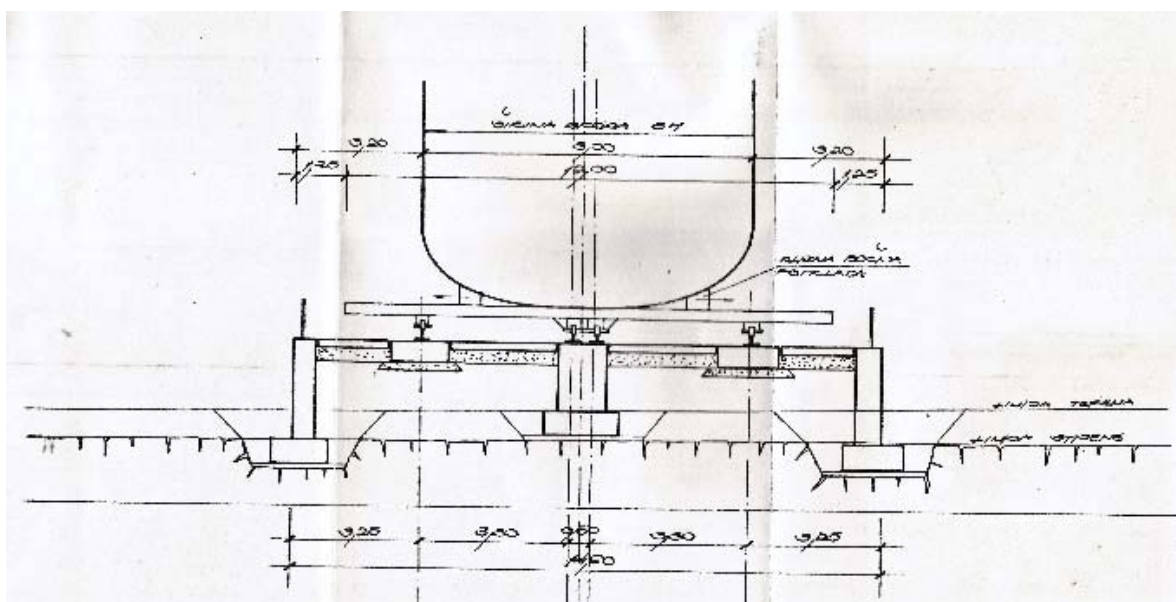
Godine 1985. brodogradilište je imalo namjeru obnoviti svoj navoz u obliku uzdužnog slipa, no to se nije ostvarilo.

U uzdužnom smislu navoz je trebao biti podjeljen u tri djela. Kopneni dio dužine 80m, podzemski dio dužine 50m i podzemski dio koji služi isključivo za odlaganje kolica dužine 80m. Dakle, ukupna dužina navoza je trebala biti 210m. Dužina navoza od 130m je trebala biti u nagibu od  $5^\circ$ , a dužina za odlaganje kolica od 80m je trebala biti u radiusu konkavnog

zaobljenja koji kolica obzirom na svoju konstrukciju neometano mogu pratiti. Vitlo navoza je trebalo smjestiti u nadstrešnicu istih dimenzija kao i postojeća.

U poprečnom smislu navoz je trebao imati širinu od 14,60m na kojoj su trebale biti smještene 4 šine označene tako da srednje šine nose oznaku 1. i 2. , a bočne 3. i 4.

Šine 1. i 2. su se trebale nalaziti na razmaku od 0,50m, a šine 3. i 4. na razmaku od 3,80m od osovine šina 1. odnosno 2.. Osovina navoza je trebalo postaviti tako da ne ugrožava stabilnost prilazne obale doku.



Slika 15. Prikaz broda na navozu iz projektnog zadatka iz 1985. godine

Bazirajući se na taj projekt, potrebno je demontiranje i uklanjanje postojeće konstrukcije, te odvoz materijala što spada u pripremne radove. Nakon toga bi slijedili zemljani radovi (iskop za temelj nadmorskog i podmrskog dijela navoza) , armiranobetonski radovi (izrada kalupnog armiranog betona za nadomrski i podmorski dio navoza) te ostali radovi (dobava i ugradnja šina, postavljanje graničnika na krajevima šina, te dobava i ugradnja čelične cijevne ograde na nadmorskom dijelu navoza).

Druga opcija obnove postojećeg navoza je to da se postojeće šine zadrže te se dodaju još dvije nove vanjske, ali za to rješenje je potrebna analiza uz detaljniji proračun o nosivosti postojeće konstrukcije.

U oba slučaja osnovne karakteristike kolica bile bi:

- Maksimalna težina brodova koji se mogu izvlačiti je 1000 t (dimenzije takvih

$$L \approx 60m$$

brodova mogu varirati → sličan brod :  $B \approx 10m$

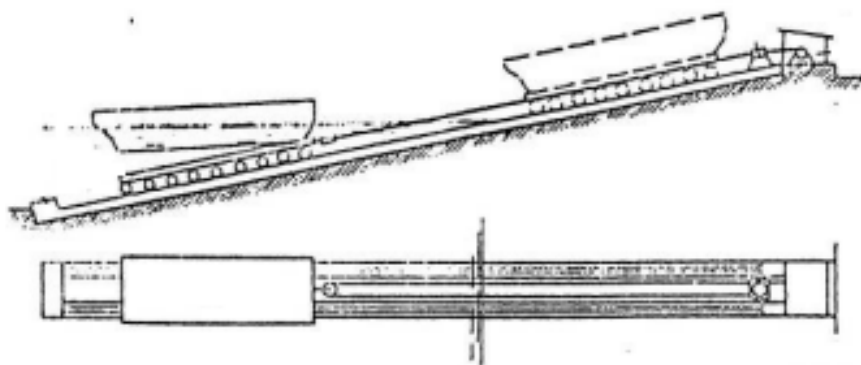
$$H \approx 6m$$

- Duljina kolica je 60 m
- Maksimalna širina broda koji se izvlači je 14 m

,i uz poznavanje određenih podataka kao što su:

- Vrste brodova koje će se obnavljati na navozu
- Raspodjela težine po duljini broda
- Podaci na osnovu kojih se precizno mogu odrediti opterećenja na svaki element konstrukcije kolica

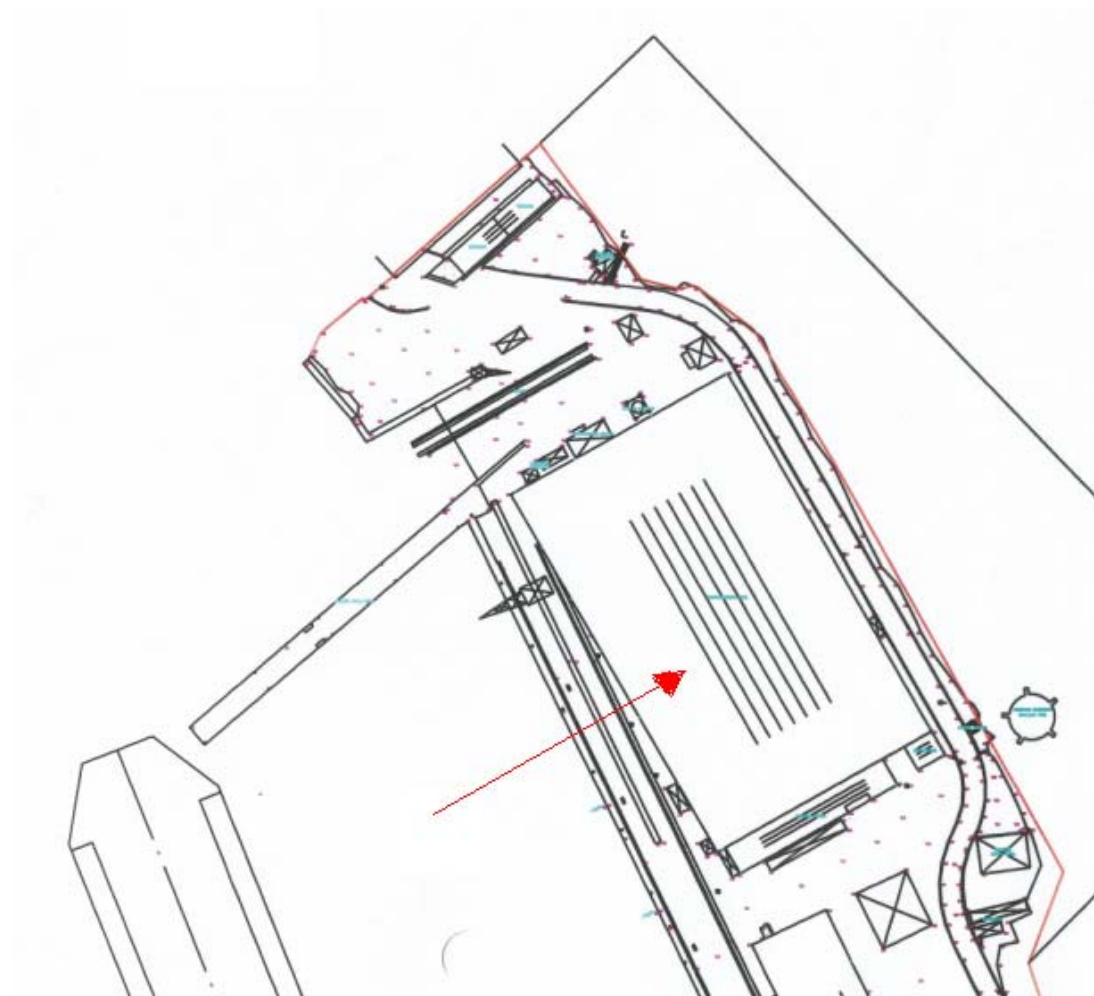
, obje ideje bile bi izvedive i pridonijele bi proširenju mogućnosti brodogradilišta.



**Slika 16. Obnovljeni uzdužni slip s plošnim kolicima**

## 4.2. Prijedlog 2

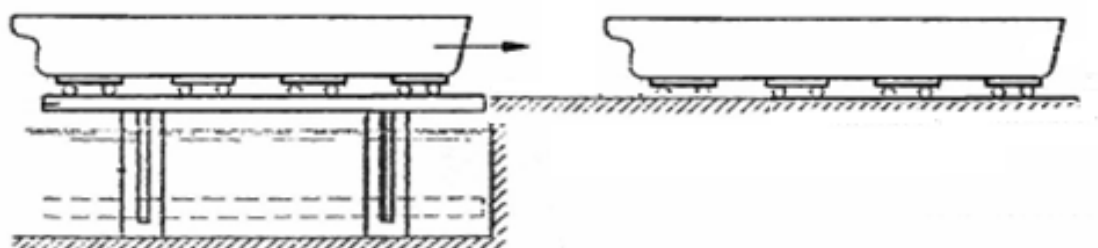
Drugi prijedlog bi se bazirao na drugoj točki iz klasifikacije hidrotehničkih objekata po namjeni. Radilo bi se o financijski skupljem projektu koji bi brodogradilištu omogućio remont više brodova odjednom s natkrivenim remontnim (građevnim) prostorom. Iskoristila bi se već postojeća hala [Slika 17] u kojoj se trenutno nalazi dosta praznog i neiskorištenog prostora.



Slika 17. Prikaz hale na tlocrtu brodogradilišta

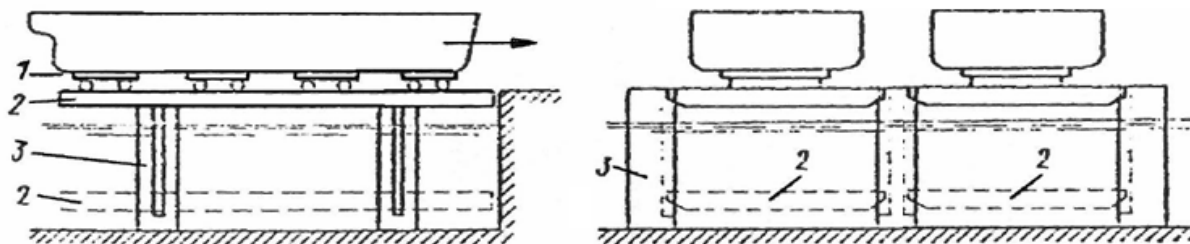


**Slika 18. Idejno rješenje**



**Slika 19. Uzdužno vertikalno dizalo i parterni uzdužni transport**

To je kombinacija uzdužnog vertikalnog dizala i parternog uzdužnog transporta za razvoz na građevinskoj (remontnoj) površini [Slika 18]. Kako je vidljivo iz same slike, uzdužno vertikalno dizalo bi trebalo napraviti na taj način da omogući dizanje dva broda, a ne samo jednog [Slika 20].



**Slika 20. Duplo uzdužno vertikalno dizalo**

Sa slike 19. je vidljivo:

1. transportna kolica
2. podizna platforma
3. stupovi vodilice

Dakle, radi se o duplom uzdužnom vertikalnom dizalu [Slika 20] s kojeg bi se brodovi, parternim uzdužnim transportom, koji bi bio u obliku kolica na šinama, prebacivali na svoje remonto mjesto, to jest u halu. Na podiznoj platformi uzdužnog vertikalnog dizala nalazi se četiri para šina. Dva para za jedna transportna kolica, a druga dva para za druga transportna kolica.

Hala sa svojim dimenzijama omogućava dva mjesta za remont brodova do 30m duljine i 6m širine, te omogućava nesmetano obavljanje poslova bez obzira na vremenske uvjete. Na kraju hale smještena su dva uređaja za vuču, svaki za jedna transportna kolica.

Gledajući proizvodnu orijentaciju, ovim projektom brodogradilište bi se moglo baviti i novogradnjom, a ne isključivo remontom te bi se na taj način podiglo za razinu više.

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj brodogradilišta je povećati svoj kapacitet mogućeg remonta brodova, koji je prijekopotreban svakom brodu u njegovom životnom vijeku, stoga je zadatak ovog završnog rada dati prijedloge rješenja obnove izvlačilišta u remontnom brodogradilištu.

S obzirom da postojeći navoz u obliku uzdužnog slipa nije u funkciji i da potrebne opreme za izvlačenje broda nema, kroz zadatak su dana dva prijedloga poboljšanja. Jedan prijedlog je obnova postojećeg uzdužnog slipnog uređaja jer je adaptacija postojećeg navoza mnogo jednostavnija, a i troškovi izvedbe su znatno niži od izvedbe drugog prijedloga, a može se i ostvariti u mnogo kraćem roku, dok se u drugom prijedlogu radi o većem i opširnijem projektu koji bi brodogradilištu omogućio remont dva manja broda odjednom.

Prenamjena hale, uzdužno vertikalno dizalo i uzdužni parterni transport obilježavaju drugi prijedlog koji bi osim remonta donio jedan novi segment, a to je remont odnosno novogradnja s natkrivenim građevnim mjestom koje omogućava remont ili gradnju dva manja broda istovremeno uz nesmetano obavljanje poslova bez obzira na vremenske uvjete.

Ovakvo rješenje obnove izvlačilišta u konačnici rezultira općenitim projektom kojeg je moguće primjeniti i za druga brodogradilišta. Pri tom bi se određena rješenja trebala prilagoditi uvjetima u dotičnom brodogradilištu, ali bi osnovna koncepcija funkcioniranja sistema trebala ostati nepromjenjiva.

Povećanje kapaciteta remonta brodova kao inovativno rješenje uključilo bi u oba prijedloga i remont malih brodova. Za financiranje takvih projekata iskoristila bi se sredstva EU fondova. U okvirima gospodarskog plana ciljano bi se planirale i realizirale promotivne aktivnosti u cilju povećanja nautičkog turizma i remonta malih privatnih brodica i jahti, za čime se ukazuje sve veća potreba.

Danas, kada europska brodogradnja kaska za istokom zbog zastarjele tehnologije, smanjenih ili nikakvih ulaganja i previsoke cijene rada, hrvatska brodogradnja rješenje bi mogla pronaći u manjim investicijama. Takve investicije mogle bi vraćati uložena sredstva i osiguravati vlastitu dobit. Tako bi došlo do "domino efekta", povećala bi se zaposlenost, a nove investicije bi neprekidno rasle.

To bi bilo „mudro“ ulaganje na „mala vrata“ i osiguravalo bi rad remontnog brodogradilišta tijekom cijele godine.

## **PRILOZI**

### **I. CD-R disc**



## **LITERATURA**

- [1] Sladoljev, Ž.: Tehnologija brodogradnje - skripta, Zagreb, 2005.
- [2] Diplomski zadatak Gorana Opačića: Idejni projekt slipa za izvlačenje i porinjavanje manjih brodova, Zagreb, 1982.
- [3] Rijekaprojekt – tehnička dokumentacija : Građevinski projekt navoza, Rijeka, 1985.
- [4] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [5] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.